

Министерство высшего и среднего специального
образования Казахской ССР
Завод ВТУЗ при Карагандинском
металлургическом комбинате

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
лабораторных работ по курсу «Теория и техно-
логия подготовки сырья к доменной плавке»
для специальности 0401

«Металлургия черных металлов»

Введение

Изучение основ курса «Теория и технология подготовки сырья к доменной плавке» (ТиТПС к ДП) является обязательным элементом комплексной теоретической, практической и научно-технической подготовки специалистов по специальности 0401 «Металлургия черных металлов».

Данная работа является учебно-методическим пособием для организации самостоятельной работы студентов по курсу ТиТПС к ДП.

При выполнении лабораторных работ студенты самостоятельно изучают современные способы подготовки сырья к доменной Плавке, методы их интенсификации, а так же качество получаемого продукта. Кроме того расширяются и закрепляются навыки самостоятельной работы, приобретаются опыт экспериментальных исследований, что позволяет на основе теоретических знаний совершенствовать процессы подготовки сырья и разрабатывать новые способы окускования. Методика изложения и порядок проведения работ базируются на основе изменения курса ТиТПС к ДП в ведущих вузах страны и в Заводе-ВТУЗе.

Контрольные вопросы к каждой лабораторной работе позволяют выявить степень подготовленности студента и выполнению работы и глубину понимания им изучаемых вопросов.

Приведенные в методическом пособии лабораторные работы целиком охватывают курс ТиТПС к ДП, что способствует более полному усвоению студентами изучаемого курса.

МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить влияние напряженности магнитного поля на показатели сухой магнитной сепарации железной руды.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Магнитный метод обогащения полезных ископаемых основан на использовании различия магнитных свойствах подлежащих разделению компонентов руды. Осуществляется магнитное обогащение в магнитных сепараторах, характерной особенностью которых является наличие в их рабочей зоне магнитного поля. При движении руды или материала через магнитное поле сепараторов под воздействие магнитной силы притяжения частицы с различными магнитными свойствами перемещаются по отличным друг от друга траекториям, что позволяет магнитные частицы выделять в отдельный магнитный продукт, а немагнитные частицы – в отдельный немагнитный продукт. На некоторых сепараторах предусматривается выделение нескольких отличных друг от друга магнитных продуктов.

Кроме магнитной силы притяжения, на частицы материала, перемещаемые через рабочую зону сепаратора, оказывают воздействие механические силы: сила тяжести, сопротивления среды (например, вода при мокрых способах магнитного обогащения) движению частиц, а в некоторых конструкциях сепараторов также и центробежная сила. При разделении тонких частиц в воздушной среде большое влияние оказывает сила молекулярного сцепления, обусловленная развитой удельной поверхностью измельченного материала.

Для разделения магнитных и немагнитных частиц в магнитном поле сепаратора магнитная сила притяжения $f'_{\text{маг}}$, действующая на магнитные частицы,

должна повышать равнодействующую всех механических сил $\sum f''_{\text{мех}}$, а

магнитная сила $f''_{\text{маг}}$, действующая на менее магнитные или на немагнитные частицы, должна быть меньше:

$$f'_{\text{маг}} > \sum f''_{\text{мех}},$$

$$f''_{\text{маг}} < \sum f''_{\text{мех}}.$$

Величина магнитной силы, действующей на частицы в магнитном поле зависит от напряженности магнитного поля и магнитной восприимчивости материала, выражающей способность последнего к намагничиванию:

$$f_{\text{магн}} = \mu_0 XH \frac{dH}{dX}, \text{ дин/г} \quad (1.1)$$

где μ_0 – константа (магнитная проницаемость вакуума);

X – удельная магнитная восприимчивость частицы, $\text{см}^3/\text{г}$;

H – напряженность магнитного поля, З;

$\frac{dH}{dX}$ – градиент напряженности поля в направлении наибольшего возрастания, Н.

По величине магнитной восприимчивости минералы делят на сильномагнитные ($X > 3000 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$), среднемагнитные ($X = 3000 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$), слабомагнитные ($X = 600 \cdot 10^{-6} \div 15 \cdot 10^{-6}$) и немагнитные ($X = 15 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$). Значения удельной магнитной восприимчивости некоторых важнейших минералов железных руд приведены в табл. 1.1.

Принято считать, что выделение в концентрат сильномагнитных минералов осуществляется в магнитном поле напряженностью до 1500 э, среднемагнитных 3000 – 6000 э и слабомагнитных 6000 – 18000 э.

Для оценки процесса магнитного обогащения железных руд обычно используют следующие показатели:

а) выход концентрата

$$r_k = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \cdot 100 \quad (1.2)$$

$$r'_k = \frac{G_k}{G_{\text{исх}}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

где r_k, r'_k – выход концентрата, %;

α, β, θ – % содержания железа в исходной руде, концентрате и хвостах;

$G_k, G_{\text{исх}}$ – вес концентрата и исходной пробы руды, г; подсчет по формулам (1.2) и (1.3) должен дать одинаковый результат;

б) извлечение железа в концентратах, %:

$$\Sigma_k = \frac{r_k \cdot \beta}{\alpha} \quad (1.4)$$

в) степень обогащения

$$K = \frac{\beta}{\alpha} \quad (1.5)$$

Таблица 1.1

№ п/п	Минерал		см ³ /г
	Название	Химическая формула	
1	Магнетит	Fe ₃ O ₄	80000·10 ⁻⁶
- 1000· 10 ⁻⁶ - 200·1 0 ⁻⁶ 2	Пирротин	Fe _x S	5400·10 ⁻⁶
4 Ма рт ит 3	Хромит	FeO·Ca ₂ O ₃	450·10 ⁻⁶
5	Гематит	Fe ₂ O ₃	300·10 ⁻⁶
6	Лимонит	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	200·10 ⁻⁶
7	Ильменит		1000·10 ⁻⁶
8	Гидрогематит	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O	80·10 ⁻⁶
9	Сидерит	FeCO ₃	40·10 ⁻⁶
10	Пиrolюзит	MnO ₂	19·10 ⁻⁶
11	Кварц	SiO ₂	10·10 ⁻⁶
12	Пирит	FeS ₂	7·10 ⁻⁶
13	Кальцит	CaCO ₃	5·10 ⁻⁶
14	Полевые шпаты	-	5·10 ⁻⁶

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Описание лабораторного однороликового электромагнитного сепаратора (рис.1)

Сепаратор состоит из следующих узлов: электромагнитной системы (2), лоткового питателя с загрузочной воронкой, приемного желоба (13) привода и рамы (1).

Магнитная система представляет собой сочетание стального магнитопровода с насаженными на него катушками и зубчатого ролика (4), вращающегося между полюсами магнитопровода.

Лотковый питатель представляет собой лоток (8), укрепленный на плоских наклонно установленных пружинах (5) и приводимых в возврат поступательное

1. Вес исходной пробы руды							
2. Вес концентрата, г							
3. Содержание $Fe_{\text{общ}}$ (%) в исходной руде в концентрате в хвостах							
4. Показатели обогащения	Γ_k ----- Γ'_k ----- Σk ----- K -----						

Вопросы допуска

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы
3. Какие закономерности проверяются в данной работе?

Контрольные вопросы

1. Методы обогащения железных руд
2. Показатели обогащения
3. Методы интенсификации процесса обогащения

РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ШИХТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Определить содержание влаги в шихте по изменению насыпанной массы отвечающей оптимальному количеству, при котором достигаются лучшие технологические условия окомкования мелких шихтовых материалов в зернистое состояние. Недостаточное или увеличенное количество влаги не в состоянии организовать достаточно прочные формулы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Влажность шихты имеет существенное влияние на ее газопроницаемость, следовательно, на вертикальную скорость спекания, производительность агломерационной машины и на качество агломерата.

Вопрос влажности шихты и ее газопроницаемость взаимосвязаны и поэтому определенному значению влажности шихты соответствует достаточно определенная для данного спекания материала газопроницаемость. При этом можно подобрать такую влажность шихты, при которой газопроницаемость будет наивысшей. Увеличение или уменьшение влажности против оптимальной неизменно влечет за собой ухудшение газопроницаемости шихты.

Установлено, что количество воздуха, просасываемого через спекаемый слой в единицу времени снижается с уменьшением среднего размера частицы шихты. При этом убывает вертикальная скорость и производительность аглолент. Для тонких концентратов все время возрастает, что значительно ухудшает газопроницаемость. Поэтому необходимо принимать специальные меры для улучшения газопроницаемости шихты, которыми является увлажнение последнего до определенного предела.

Перед спеканием увлажненную шихту окомковывают во вращающихся барабанах, в которых концентрат накатывается на поверхность более крупных частиц руды и возврата. При этом образуются мелкие гранулы диаметром до 1 – 3 мм. Следует учесть, что определенную роль играет число оборотов барабана, его угол наклона и степень заполнения шихтой. Промышленные окомковательные барабаны достигают длины до 8 – 10 м. кроме того, увлажнение шихты до оптимального уровня обеспечивают наилучшую её комкуемость, газопроницаемость и, следовательно, наивысшую вертикальную скорость.

Оптимальная влажность, соответствующая газопроницаемости шихты для различных рудных материалов, различна и зависит от физических свойств, минералогического типа руды и от крупности. Мелочь плотных руд типа магнетиков, мартитов, чистых магнетиков имеют оптимальную влажность, значительно меньшую, чем мелочь бурых железняков, особенно типа охристых, сильно пористых руд.

Измельченный железорудный порошок можно отнести к гидрофильным дисперсным системам, характеризующимся интенсивным взаимодействием с водой. В такой системе стремление к уменьшению энергии реализуется путем снижения величины поверхностного натяжения на границе раздела фаз (при взаимодействии с водой) и укрупнение частиц (в результате их сцепления). Можно считать, что в целом дисперсная система железорудный материал – вода обладает термодинамическим стремлением к окомкованию. Процесс формирования гранул из железорудных материалов представляет собой совокупность различных явлений – смачивание, капиллярного насыщения, ослюса, набухания, поверхностного диспергирования и другое.

В процессе окомкования система становится двухфазной – рудный материал – пленка воды, за счет выжимания избытка воды в результате динамических нагрузок, где расстояния между частицами будут соизмеримы с толщиной пленок связанной воды. Таким образом, в двухфазной системе прочность сцепления частиц обусловлена молекулярными силами.

$$F = \frac{KS\rho(1 - \varepsilon)}{\varepsilon}$$

(2.1)

где F - сила сцепления;

S - удельная поверхность дисперсного материала;

ρ - плотность материала;

ε - пористость слоя;

K - коэффициент, учитывающий форму частиц, характер их укладки, гидрофильность материала.

Установлено, что гидрофильность возрастает в следующем порядке: гематит → магнетит → турбит → гетит → лимонит.

Ведущим фактором, определяющим прочность сцепления частичек во влажном состоянии, является удельная поверхность материала, которая тем больше, чем содержание выше мелких фракций.

Максимальная гидроскопичность породы отвечает влажности, при которой все частицы породы окружены многомoleкулярным слоем воды, толщина которого определяется молекулярными силами, действующими на разделе фаз порода – вода.

Капиллярная влагоемкость отвечает заполнению водою всех капилляров породы. Полная влагоемкость отвечает заполнению водою всех вообще пустот и капилляров, содержащихся в породе.

Предложено оценивать способность дисперсных железорудных материалов к окомкованию показателем комкуемости:

$$K = \frac{W_{\text{м.м.в.}}}{W_{\text{м.к.в.}} - W_{\text{м.м.в.}}} \quad (2.2)$$

где $W_{\text{м.м.в.}}$ - максимальная молекулярная влагоемкость;

$W_{\text{м.к.в.}}$ - максимальная капиллярная влагоемкость.

Установлено, что увлажнение мелких и тонких руд сопровождается изменением их объемного веса. Объем руды увеличивается до достижения какой-либо критической влажности, переход через которую сопровождается уплотнением частиц руды и уменьшением объема. Свойства руд изменяться в объеме в зависимости от влажности, имеет большое значение для агломерации и широко используется при подготовке шихт к спеканию.

Зависимость изменения объема веса (т/м³) от влажности предоставлены на рис. 2.1.

Характерным является то, что зависимость имеет наличие выраженных максимум и минимум, отвечающих наибольшему и наименьшему значению объемного веса материалов в зависимости от степени увлажнения. Следует отметить, что точкам, отвечающим наименьшему объемному весу, т.е. наиболее рыхлому состоянию материалов для всех крупностей (0 – 8 мм) соответствует одна и та же влажности.

Надо заметить, что вода не играет непосредственной роли в химии процессов спекания и служит исключительно для окомкования частиц шихты.

Недостаточно или чрезмерно большие количества воды не позволяют получить шихту с максимальной газопроницаемостью. Недостаточно влажная

шихта (участок АВ) или чрезмерно влажная, грязь (участок ЕД) обладают пониженной газопроницаемостью, что хорошо иллюстрируется графиком (рис. 2.2). Оптимальная влажность (заштрихованная область) определяется опытным путем, в частности, по минимуму насыпного веса шихты, чему (рис. 2.2, точка F) соответствует максимальная газопроницаемость (рис. 2.2, точка С).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Определение оптимальной влажности шихты, при которой она будет иметь наилучшую газопроницаемость определяется по минимуму насыпного веса шихты. Для чего необходимо:

1. Подготовить агломерационную шихту, состоящую из различных материалов (аглоруды, концентрата, возврата, коксика и т.д.) веса 10 – 20 кг. Расчет ведется согласно методике первой работы по заданию преподавателя (лаб. работа № 2).
2. Подготовить рабочее место, где необходимо наличие емкости с известным объемом (4,18 л) и весы (рис.2.3).
3. Емкость с водой (1,2 л).
4. Проверить работу смесителя. Убедиться, что он находится в рабочем состоянии и вращается со скоростью 45 об/мин (рис. 3а).
5. Насыпать аглошихту и прокрутить в течении 1 и 1,5 мин.
6. Затем залить в смеситель первую порцию воды в количестве 300 мл, а затем окомковать в течении 1,5 мин. После остановки смесителя отобрать пробу 200 г. от окомкованной шихты для определения процентного содержания влаги по разнице влажного и сухого веса. Маркированную увлажненную шихту поместить в сугильную печь до достижения постоянного веса ($P_{ш\text{ сух}}$). Эту операцию повторить с порциями воды 400 мл, 500 мл, 600 мл, 700 мл, 800 мл, 900 мл и 1000 мл. Каждый раз отбирать пробу для определения влажности. Содержание влаги определяется по формуле:

$$W = \frac{200 - P_{ш}^{сух}}{200} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

7. После окомкования с доливкой определенной порции воды и отбора пробы для определения влажности и оставшуюся массу осторожно, неуплотняя, насыпать шихту в емкость (сосуд) с постоянным объемом (4,18 л) и весом до верха, а лишнюю часть шихты удалить специальным скребком. Пробу шихты с сосуда с постоянным объемом (5 л) и весом (P) взвесить на весах и получить вес шихты ($P_{ш}$). насыпной вес шихты определить по формуле:

$$r = \frac{(P_{\text{сос}} + P_{ш}) - P_{\text{сос}}}{V_{\text{сос}}} \cdot 100\%, \text{ г/см}^3 \quad (2.4)$$

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Результаты опыта внести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

№ п/п	Расход воды, %	Вес $P_{\text{сос}} + P_{\text{ш}}$	Содержан. влаги в шихте, W	Насып. вес r , г/см ³	Вес прот.	Вес сосуда $P_{\text{сос}}$ $r_{\text{сос}}$	
1	400						
2	500						
3	600						
4	700						
5	800						
6	900						
7	1000						

2. На основе табличных данных (табл. 2.1) представить график координат: влажность шихты, % - насыпной вес шихты, г/см³, и выбрать оптимальную влажность шихты.
3. Выводы: оптимальная влажность шихты достигается при количестве воды (____ л) и влажности ____ %.

Вопросы допуска

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы
3. Какие закономерности проверяются в данной работе?

Контрольные вопросы

1. Какую роль играет влага в процессе агломерации?
2. Физический смысл оптимальной влажности и её роль в процессе агломерации.
3. От каких параметров зависит прочность сцепления частиц?
4. От каких параметров зависит комкуемость железорудных материалов?
5. Чем объясняется наличие максимума и минимума объемного веса с изменением влажности материалов?

РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ ШИХТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Определение газопроницаемости моношихты конкретного случая с целью выявления технологических параметров. В данной работе основным условием является изменение влажности и фракционного состава шихты, от которой сильно зависит газопроницаемость.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Необходимым условием является спекания рудной мелочи методом просасывания воздуха является достаточная газопроницаемость спекаемого материала, обеспечивающая подвод кислорода воздуха к очагам горения, которым является частицы топлива, более и менее равномерно распределенные в массе спекаемой руды. Газопроницаемость, крупность и пористость шихт – функционально – зависимые факторы, определяющие физическое и аэродинамическое состояние шихты.

Газопроницаемость определенного слоя шихты характеризуется количеством воздуха или газа, проходящего через шихту в единицу времени при данном вакууме, т.е.

$$g = \frac{Q}{tF} \quad (3.1)$$

где g - газопроницаемость, $\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ мин}$

Q - количество воздуха или газа, м^3

t - время, мин

F - поверхность слоя шихты, м^2

Формула (3.1) численно выражает также условную скорость прохождения воздуха или газа через слой шихты, т.к. при $F = 1 \text{ м}^2$ и $t = 1 \text{ сек}$, имеем $q = Q \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ сек} = Q \text{ м/сек}$.

Газопроницаемость шихты можно характеризовать потерей напора воздуха (в мм водн.ст.) при прохождении его через слой шихты определенной высоты, что также будет характеризовать и сопротивление шихты.

Но выражение газопроницаемости в виде скорости воздуха без указания вакуумного режима, равно как и выражению газопроницаемости через потерю напора воздуха без указания высоты столба шихты недостаточно для суждения о газопроницаемости той или иной шихты.

Скорость и потери напора воздуха зависит от природы и свойства, входящих в шихту компонентов и способов подготовки шихты к спеканию, от высоты спекаемого слоя и режима вакуума под колосниковой решеткой спекательного устройства.

Меняя вакуум, можно изменять и количество просасываемого воздуха через одну и ту же шихту.

Вакуумный режим зависит от характеристики эксгаустера и аэродинамической характеристики слоя шихты, зная которые можно составить представление о действительной газопроницаемости шихты.

Наибольшей известностью пользуется формула проф. Л. К. Рамзина, имеющая следующий вид:

$$\rho = Ahg^n \quad (3.2)$$

где ρ - сопротивление слоя сыпучего материала, мм водн.ст.

h - высота слоя, мм

g - условная скорость газа, м/сек

A, n - эмпирические константы

При величине зерен 1-20 мм, скорости воздуха 0,1-2,0 м/сек и высоте слоя 50-500 мм, величины A и n имеют следующие значения:

Размер зерна, мм	1	2	3	4	6	10	15	20
A	4,2	2,4		1,33	0,82	0,33	0,15	0,1
n	1,35	1,37		1,44	1,56	1,64	1,76	1,8

Формулу Л. К. Рамзина для исследования газопроницаемости различной крупности применил Баке, получивший следующие значения для констант A и n :

Размер зерна, мм	5 - 3	3 - 1 1 - 0,5	0,5 - 0,3	0,3 - 0,1	
A	0 - 30	0,66	1,43	3,4	6,5
n	1,77	1,56	1,39	1,3	1,16

Величина коэффициента A обратно пропорциональна диаметру частиц:
 $A = k/d$, здесь $k = 1,2 - 1,3$; d – диаметр частиц.

Коэффициент n растет с увеличением размеров зерен шихты, оставаясь всегда меньше 2.

На основе этих данных Баке получил формулу Рамзина Л. К. в следующем виде:

$$Q = \sqrt{\frac{P}{Ah}} \quad (3.3)$$

где Q - количество воздуха, м³/м² сек;

P - вакуум, мм водн.ст.

h - высота слоя, мм

A, n - эмпирические константы

Газопроницаемость шихты изменяется сейчас же после сжигания, и это изменение имеет место на всем протяжении процесса спекания, пока зона горения

не дойдет до колосниковой решетки. Замечено, что чем значительнее изменение вакуума в ходе процесса спекания по сравнению с начальным его значением, тем активнее протекает процесс спекания и выше производительность машин. Некоторое снижение вакуума к концу спекания характеризует вялый ход и неустойчивые результаты спекания. Вялый ход процесса спекания отличается низкой температурой отходящих газов, которая косвенно может служить показателем газопроницаемости шихты. Таким образом, начальная газопроницаемость слоя шихты является важным фактором для оценки качества шихты и условий её подготовки. Зная начальную газопроницаемость, можно правильно выбрать вакуумный режим и даже предвидеть результаты спекания.

Сопротивление слоя шихты возрастает пропорционально высоте слоя и соответственно этому изменяется общая газопроницаемость. Для сохранения постоянного количества просасываемого воздуха через увеличенный слой шихты необходимо изменять вакуумный режим установки. Это изменение практически пропорционально высоте слоя, что позволяет регулировать количество просасываемого через слой шихты воздуха путем изменения высоты слоя шихты в пределах, допускаемых характеристикой ЭКСГАУСТЕРА.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

1. Подготовить две агломерационные шихты, согласно работе с разным содержанием воды.
2. Установить высоту шихты в чаше (100-250 мм) по указанию учебного мастера или преподавателя.
3. Включить прибор ВС и насос РМК-3, при этом учесть, что клапан на РМК-3 полностью открыт.
4. Установить разрежение над колосниковой решеткой 100 мм водн.ст. Затем через каждые 100 мм водн.ст. разрежение снимать показания прибора.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Результаты измерений заносить в таблицу и газопроницаемость определить по формуле (3.1)

Таблица 3.1

Шихта №1					Шихта №2				
№	Разряж. мм водн. ст.	Q м ³ час	h мм	q м ³ /м ² мин	№	Разряж. мм водн. ст.	Q м ³ час	h мм	q м ³ /м ² мин
1	100				1	100			
2	200				2	200			
3	300				3	300			
4	400				4				
					400				
5	500				5	500			

6	600				6	600			
---	-----	--	--	--	---	-----	--	--	--

Вопросы допуска

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы
3. Какая закономерность проверяется в данной работе?

Контрольные вопросы

1. От каких параметров зависит газопроницаемость агломерационной шихты?
2. Роль газопроницаемости аглошихты
3. Как изменяется газопроницаемость с изменением влаги и почему?
4. Как влияет увеличение высоты слоя спекаемой шихты на газопроницаемость?

РАБОТА № 4

АГЛОМЕРАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение основных требований подготовки шихты к окускованию. Определение основных технологических параметров процесса спекания агломерата.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

подавляющая часть добываемых железных руд представляет собой мелкий пылеватый материал. Так при добыче руд КМА образуется 55-85%, при добыче руд Кривого Рога до 70% мелочи – фракции, меньше 10 мм.

Еще более мелким материалом является железорудный концентрат-продукт обогащения бедных руд магнитной сепарации (шлих) или мойкой (эфель), содержащих фракции минус 0,074 мм свыше 80%, т.к. измельчение руд при обогащении является обязательной сепарацией.

В доменной печи мощный восходящий поток газа обладает значительной подъемной силой и выносит через колошник практически все частицы загружаемой шихты крупностью менее 5 мм. Если часть мелкой шихты все же усваивается печью, то газопроницаемость столба шихты резко ухудшается, вследствие заполнения мелочью пустот между крупными кусками: ход печи делается не ровным, резко снижается интенсивность доменной плавки.

Цель агломерации состоит в окусковании пылеватых руд, колошниковый пыли и отчасти концентратов обогащения руд, ввод в шихту полезных добавок – флюса, а в ряде случаев удаления серы.

Изобретение агломерационного процесса связывает с именами Ф. Геберлейна, Т. Хантингтона (1887) и Д. Завельберга (1905) разработавших способ окускования пылеватых руд в смеси с коксовой мелочью.

Спекание рудной мелочи на колошниковой решетке с просасыванием воздуха через слой спекаемой шихты является самым распространенным способом окускования, вытеснившим за короткое время (около 90 лет) своего существования другие способы.

В черной металлургии окускованию, т.е. процессу превращения мелких руд в кусковые материалы, подлежат все мелкие руды и концентраты, из которых получают металл в доменном, сталеплавильном и электрометаллургическом производствах.

В доменном производстве окускованием железорудного сырья достигают:

1. Уменьшение выноса газовым потоком мелких фракций руды из доменной печи.
2. Повышение газопроницаемости столба шихтовых материалов.
3. Улучшение использования тепловой энергии и восстановительной способности газового потока.
4. Улучшение протекания процессов восстановления шлакообразования и перевода серы в шлак.

Сущность способа заключается в следующем. Рудная мелочь, или концентраты обогащения, тщательно перемешиваются с измельченным коксиком при одновременном увлажнении. Мелкие увлажненные частицы материала при перемешивании укрупняются в небольшие более или менее прочные комочки. В результате мелкая шихта приобретает зернистый состав, что уменьшает её насыпной вес, и создаст необходимую газопроницаемость, позволяющую вести процесс спекания в слое высотой до 400 мм. Подготовленная шихта загружается в спекательное устройство, низ которого представляет собой колосниковую решетку, и зажигается с поверхности при помощи специального горна. Одновременно под колосниковой решеткой создается вакуум 1000 – 1200 мм водн.ст., благодаря чему воздух просасывается через весь слой шихты, что обеспечивает интенсивное окисление углерода с развитием высоких (до 1400 - 1500°C) температур в зоне горения. Начавшееся с поверхности шихты горение в ограниченной по высоте зоне последовательно проходит через всю высоту шихты и заканчивается у колосниковой решетки. Вследствие высокой температуры в зоне горения спекаемый материал частично или целиком сплавляется, образуя поздравато-пористый кусковый продукт-агломерат. Неопекшая мелочь отсеивается от агломерата и возвращается в повторное спекание в качестве добавки к основной шихте и носит название возврата.

При дроблении агломерационного пирога все слабые, неспекшие кусочки выделяются как подрешетчатый материал. Грохочение обычно производится на колосниковых грохотах, иногда на механических с величиной щели или отверстий 25мм.

Возврат повторно вводят в шихту путем дозировки его. В том случае, когда выделение постели ведется методом сегрегации, в шихту вводится весь получающийся при грохочении возврат. Однако, в некоторых случаях возврат предварительно подвергается грохочению на сите +0-12-15 мм с целью выделения

более крупной фракции, используемой в качестве постели. Мелкий класс или, собственно, оборотный продукт дозируется непосредственно в шихту.

Количество возврата может быть различным в зависимости от прочности агломерата, минералогического состава спекаемой руды, количества добавляемого в шихту горючего, равномерности смешения шихты, крупности спекаемой руды и т.д.

При спекании сильно влажных продуктов не всегда удается получить равномерное распределение горючего в шихте; получаются отдельные очаги, лишенные или почти лишенные горючего. Такие очаги дают значительное количество неспекающего агломерата, который идет в возврат. Колебания в количестве возврата на промышленных фабриках составляют от 20 до 50%. Возврат играет роль разрыхлителя шихты, особенно при спекании мелких и тонких концентратов. Ввод его в шихту повышает газопроницаемость, а, следовательно, увеличивает производительность агломерационного агрегата. Качество возврата по химическому составу мало отличается от качества газового агломерата, только в возврате содержание закиси железа обычно бывает пониженным, особенно при спекании гематитов и руд водных оксидов железа.

Количество самых мелких классов (-1 мм) в возврате обычно бывает не выше 10 – 12%, другими словами возврат в основной своей массе представлен зернистым материалом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

СОСТАВЛЕНИЕ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ

Задачей составления агломерационной шихты является определение доли входящих компонентов руды, концентрата, известняка, колошниковой пыли, топлива и т.д., в шихту для получения агломерата заданного состава. Данная задача может быть решена только расчетным путем. Существует несколько методов определения, расчетным путем, расходным коэффициентов составляющих, входящих в аглошихту.

В простейшем случае при заданном расходе и коксовой мелочи необходимо вычислить только расход известняка. Расчет сводится при этом к решению одного уравнения с одним неизвестным (уравнение баланса основности шихты). Зная содержание SiO_2 в руде до и после перешихтовки легко вычислить только расход известняка в шихту. На практике это случается при внезапном изменении состава спекаемых руд и концентратов. Несколько более сложен расчет при совместном определении расходов рудной смеси (X кг/кг_{агл}) и известняка (Y кг/кг_{агл}). Расход коксовой мелочи задается при этом на основании экспериментальных данных или с учетом реальных расходов топлива на агломерационных фабриках при спекании однотипных руд. Расчет сводится в этом случае к решению системы из двух уравнений с двумя неизвестными (уравнение материального спекания и уравнения баланса основности агломерата). Таким образом, можно составить шихту из двух или нескольких типов руд и концентратов, обеспечивающего получения агломерата заданной основности и с заранее заданным содержанием расчистки.

Полный расчет шихты предусматривает совместное определение расходов рудной смеси (X кг/кг_{агл}), известняка (Y кг/кг_{агл}) и коксовой мелочи (Z кг/кг_{агл}), при

решении трех уравнений с тремя неизвестными уравнение материального баланса, баланса основности агломерата и теплового баланса агломерации. Посмотрим, как производится составление шихты простейшим способом. Исходя из заданного количества рудной смеси, топлива и других компонентов шихты и основности агломерата, определить расчетом расход известняка согласно формуле

$$U = \frac{B \cdot \Sigma SiO_{2p} - \Sigma CaO_p}{CaO_{изб} - B SiO_{2изб}} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

где U - расход известняка, кг;

B - заданная основность агломерата, CaO/SiO_2 ;

$\Sigma SiO_2, \Sigma CaO_p$ - суммарное содержание SiO_2 и CaO в железорудной части соответственно, кг;

- содержание CaO и SiO_2 в известняке, %.

Состав шихты, за исключением расхода известняка, задается преподавателем или учебным мастером.

Пример расчета

Исходные данные: железорудная часть шихты состоит из 2,1 кг руды и 0,9 кг концентрата. Расход коксовой мелочи на основании практических данных принять равным 0,2 кг, содержание возврата в шихте 25%. Определить расход известняка в шихту для получения агломерата основностью

$$B = \frac{CaO}{SiO_2} = 1,20 \quad (4.2)$$

Определение расхода известняка ведется по таблице

Таблица 4.1

№		Вес кг	CaO		SiO ₂	
			%	кг	%	кг
1	Руда	2,1	1,0	0,021	9,5	0,200
2	Концентрат	0,9	1,9	0,017	5,5	0,050
3	Колосниковая пыль	-	-	-	-	-
4	Доломитизированный известняк	-	-	-	-	-
5	Коксовая мелочь	0,20	0,5	0,01	6,0	0,012
6	Сумма	3,2		0,039		0,262
7	Известняк	0,53	54,00	0,286	1,50	0,008
8	Сумма	3,73		0,325	-	0,270

Поставив полученные результаты в формулы (4.1) получим расход известняка для получения агломерата с заданной основностью 1,2.

Необходимо провести расчета. Для этого составляют баланс основности агломерата, для чего необходимо весь взнос CaO и O_2 составляющими шихты, полученные в результате расчета подставить в уравнение:

$$B = \frac{\Sigma CaO_{общ}}{\Sigma SiO_{2общ}} = \frac{0,325}{0,270} = 1,20 \quad (4.3)$$

Следовательно, расчет проведен верно.

Химический состав входящих материалов в шихту задается преподавателем и заносится в таблицу. Определив расчетным путем расходные коэффициенты получаем общий расход материалов (на примере 3,37 кг). На основе этих расходных коэффициентов можно расход материалов удвоить, утроить и т.д., если такая появляется необходимость. ΣCaO_p и ΣSiO_{2p} представляет собой соответственно суммарный вес CaO и SiO₂ в кг, вносимых каждым компонентом шихты, расход которого известен.

Например, вносится CaO_p

рудой	2,1 кг	0,01 = 0,021кг
концентратом	0,9 кг	0,019 = 0,017 кг
топливом	0,2 кг	0,005 = 0,001 кг
всего		0,039 кг

Аналогично определяется и SiO_{2p}

$$U = \frac{1,2 \cdot 0,262 - 0,039}{54,00 - 1,2 \cdot 1,50} \cdot 100 = 0,527 \text{ или } 0,53 \text{ кг} \quad (4.4)$$

Возврат в расчет необходим, т.к. является обратным продуктом и имеет тот же химический состав, что и шихта. Вес возврата, входящего в шихту, определяется исходя из % содержания его в шихте. В данном случае 25% веса шихты составляет возврат, тогда на суммарный вес других компонентов шихты, т.е. на 3,73 кг приходится 75%. Отсюда вес возврата составляет:

$$3,73 : 0,75 - 3,73 = 1,27 \text{ или } 1,3 \text{ кг}$$

На основании исходных и расчетных данных приготовить агломерационную шихту, для чего известь компоненты на весах.

СПЕКАНИЕ ШИХТЫ В ЧАШЕВОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ

Спекание агломерационной шихты производится в установке чашевого режима, применяемой для проведения опытных спеканий руд и концентратов в исследовательских лабораториях металлургических заводов, в институтах (рис. 4.1, 4.2).

Первым на колосниковую решетку (2) укладывается слой постели (а), а агломерат крупностью (8-12 мм). Постель предотвращает просыпание пылевой шихты через отверстия колосниковой решетки и приваривании готового пирога агломерата к ней. Первое снижает вынос пыли и износ лопаток эксгаустера, второе – облегчает выгрузку готового продукта из чаши. Постель можно получить рассевом при определении выхода годного или же измельчением агломерата на щековой дробилке (рис. 4.1).

На постель загружается аглошихта (б), а затем укладывается слой увлажненной смеси коксовой мелочи и опилок, служащей для зажигания шихты (в). Включается эксгаустер (насос РМК-3) (5) и начинается просос воздуха через слой шихты сверху вниз в направлении колосниковой решетки. Собственно процесс спекания начинается с зажигания углерода шихты при разогреве его до температуры воспламенения (700 - 750°С) теплом продуктов горения зажигательной смеси через 40 – 45 сек. До этого момента под колосниковой решеткой выдерживается вакуум 180 мм водного столба, а затем вакуум постепенно повышается до заданного значения (1000 – 1200 мм водн.ст.) (б).

Общая толщина зоны горения коксовой мелочи не превышает обычно 20 – 40 мм по высоте слоя. Все нижележащие частицы топлива еще не нагреты до температуры воспламенения и не получают достаточного кислорода для горения, т.к. из зоны горения выходит газ, содержащий 6 – 8% O₂.

При достижении максимальной температуры в зоне горения 1300 – 1500 °С (в зависимости от расхода топлива и положения зоны горения по отношению к колосниковой решетке) отходящие газы нагревают нижележащие слои шихты, отдавая полностью своё тепло. По мере выгорания углерода в зоне горения и подогрева шихты под зоной горения, последняя постепенно перемещается вниз, кокс не достигает зоны постели.

Итак, в каждый момент спекания горение коксовой мелочи идет только в узкой перемещающейся зоне, ниже которой неизменно располагается зона подогрева и сушки теплом отходящих из зоны горения газов. Еще ниже находится холодная сырая шихта, а затем постель. Над зоной горения располагается готовый агломерат. По мере истечения времени слой готового агломерата возрастает, а слой сырой шихты уменьшается, а промежуточные слои (слой горения, подогрева и сушки) на протяжении процесса спекания остаются постоянными, но только перемещаясь параллельно зоне горения.

Скорость движения зоны горения через спекаемый слой называется вертикальной скоростью спекания и измеряется отношением высоты слоя (H, мм) ко времени, затраченному на спекание того слоя (τ_{cn} , мин).

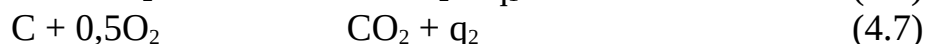
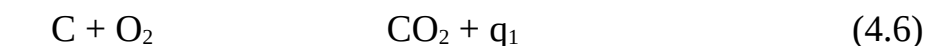
$$V = \frac{H}{\tau_{cn}}, \text{ мм/мин} \quad (4.5)$$

Отношение H/τ_{cn} представляет собой условную скорость процесса, по своему физическому смыслу и абсолютной величине не совпадающую точно со скоростью перемещения изотермы соответствующей температуре затвердевания расплава или фронта горения, но удобную для практического использования. Зона горения проходит весь путь до колосниковой решетки за 12 – 15 минут.

Независимо от метода её определения скорость спекания определяется со скоростью перемещения тепловой волны, которая в свою очередь зависит от скорости фильтрации воздуха, теплофизических свойств шихтовых материалов и в известных случаях от скорости горения топлива. Теплофизические свойства шихты и топлива в обычных условиях не поддаются регулированию в широких пределах, поэтому основным способом повышения скорости спекания является увеличение скорости фильтрации воздуха через спекаемый слой.

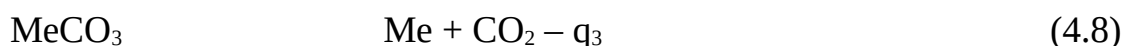
Холодный воздух, поступающий сверху в чашу, проходит через слой готового агломерата, подогревается, охлаждая агломерат и поступает затем в зону горения твердого топлива. Газообразные продукты горения углерода отдают всё новое тепло в узкой зоне подогрева и сумки и покидают колосниковую решетку с довольно малой температурой.

Если измерить температуру отходящих газов под колосниковой решеткой, то большую часть времени она составляет 50 – 60°C, т.е. все тепло газообразных продуктов горения полностью расходуется на нагрев шихты и испарение влаги в узкой зоне. На рис. 4.3. показана зависимость изменения температуры отходящих газов под колосниковой решеткой в ходе процесса спекания, которая фиксируется милливольтметром 8. Только тогда, когда зона горения приблизится к колосниковой решетке настолько близко, что остатки сырой шихты и постель уже не в состоянии усвоить все тепло поступающих сверху газов, температура отходящих газов под колосниковой решеткой быстро увеличивается, что является признаком приближения зоны горения к колосниковой решетке. Начало понижения температуры отходящих газов свидетельствует о полном выгорании углерода шихты и расценивается как сигнал к прекращению процесса спекания. Горение углерода в спекаемом слое протекает по реакции:



При агломерации быстрое охлаждение выходящих газов из зоны горения приводит к торможению реакции догорания CO до CO₂, в результате чего CO в газах сохраняется. Поэтому отходящие агломерационные газы содержат всегда наряду с CO₂ также остатки CO. Отношение концентрата CO₂:CO в отходящих газах аглоустановок обычно составляют 3,5 – 4,5. величина отношения может меняться в зависимости от условий спекания.

В процессе агломерации, кроме процесса горения углерода, протекает ряд других процессов, среди которых можно выделить и химические процессы. Химические процессы, протекающие при агломерации железорудных материалов, следующее: в зоне подогрева шихты протекают реакции разложения гидратов и карбонатов. Как известно, диссоциация карбонатов протекает по схеме:

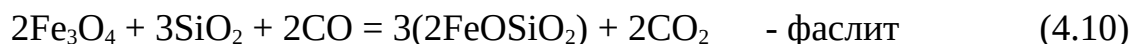
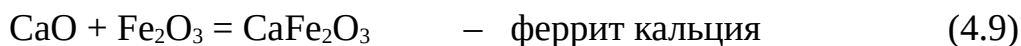


где Me – Ca, Mg

MeO – CaO, MgO

В зоне подогрева активно идут реакции восстановления окислов железа, чему способствует наличие CO и высокая температура, а зона горения и реакции термической диссоциации Fe₂O₃.

В зоне подогрева и горения между частицами шихты и вновь образовавшимися в результате химических реакций веществами в твердой фазе идут процессы взаимодействия, результатом чего является образование жидкой фазы.



Ферриты кальция, фаслит образуют с магнетиком и гематитов шихты легкоплавкие эвтектики, плавящиеся при 1100 - 1200°C и растворяющие в себе всю остальную массу шихты в зоне горения. После окончания горения твердого топлива расплав касается холодного воздуха и быстро застывает.

Агломерат является, таким образом, продуктом кристаллизации железного расплава. Основная масса агломерата представлена обычно магнетиком (Fe_3O_4). Кристаллы магнетика скреплены связкой, состоящей из захватывающих в последнюю очередь известковых оливинов $\text{SiO}_2 \cdot (\text{CaO})_x \cdot (\text{FeO})_{2-x}$, ферритов кальция и железистого стекла.

Проходя через горячий агломерат, воздух подогревается, что является причиной, при столь малом расходе топлива (5 – 7%), способствующей повышению температур в зоне горения при движении её вниз, за счет регенерации. Чем выше слой газового агломерата, тем больше доля регенированного тепла, поступающая в зону горения.

В процессе агломерации из шихты удаляется до 95 – 98% сульфидной и до 70% сульфатной серы.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. На основании результатов работы по заданию №2 и 3 приготовить агломерационную шихту, увлажненную на оптимальном расходе воды на окомкование. Определить вес увлажненной шихты.
2. Уложить в аглочашу на колосниковую решетку постель (монослой агломерата крупностью 8 – 10 мм). Вес постели для чаши диаметром 250 мм составляет 500 г.
3. Поверх постели уложить слой шихты. Укладка производится без уплотнения небольшими порциями специальным совком по периферии чаши во избежание вертикального падения увлажненной шихты и её уплотнения.
4. Установить специальным скрепком высоту спекаемой шихты. Оставшуюся часть сырой шихты взвесить.
5. На поверхность шихты уложить заранее подготовленную, по указанию учебного мастера или преподавателя, зажигательную смесь, состоящую из коксика 400 г, стружки 200 г и воды 200 г.
6. Поверх зажигательной смеси (п.5) равномерно уложить слой сухой стружки, смоченной керосином, для равномерного воспламенения зажигательной смеси.
7. Убедиться, что вентиль на насосе (экспаустере) полностью открыт, во избежание мгновенного создания разряжения, которое приводит к уплотнению шихты и ухудшению газопроницаемости.
8. Поджечь запальную смесь. Установить разряжение 150-200 мм водн.ст. Через 40-45 секунд разряжение медленно повышать и к концу данной минуты

установить разряжение по заданию преподавателя или по указанию учебного мастера. С этого момента начинать отсчет времени спекания, для чего заключается секундомер. Разряжение поддерживать на протяжении процесса спекания постоянной (900-1200мм водн.ст.)

9. В ходе спекания отмечать температуру отходящих газов под колосниковой решеткой по показанию приборов через 1 мин. Сигналом к окончанию процесса (отключение эксгаустера) является начало: падения температуры отходящих газов после достижения максимального уровня.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Полученные данные занести в таблицу.

Таблица 4.3

Время от начала зажигания	Температура отходящего газа, С	Время от начала зажигания	Температура отходящего газа, С
Момент включения секундомера		11	
0		12	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10		20	
Время спекания, мин.			
Высота спекаемого слоя, мм			
Вертикальная скорость спекания, мм/мин.			

Отчет в этой части работы входят схемы установки для агломерации, рисунок таблица 4.3, график изменения температуры отходящих газов (рис. 4.3) по ходу спекания, построенные по данным табл. 4.3 на миллиметровой бумаге, выводы по ходу процесса спекания.

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы.
3. Какие закономерности процесса спекания агломерата проверяются в данной работе?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем сущность процесса спекания агломерата на чашевой установке?
2. Какова схема расположения слоев зон в отдельные моменты после начала спекания?
3. Чем объясняется характерная особенность изменения температуры отходящего газа?
4. как определить конец процесса спекания агломерата?
5. От каких параметров зависит скорость спекания агломерата?
6. За счет каких факторов достигается температура в слое горения (до 1300-1500° С) в процессе агломерации?
7. Назовите наиболее характерные процессы, протекающие в ходе аглопроцесса.

РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА АГЛОМЕРАТА И ЕГО ПРОЧНОСТИ

Цель работы: Определение прочности готового пирога агломерата методами сбрасывания с двухметровой высоты на стальную плиту и обработкой пробы во вращающихся барабанных по выходу класса агломерата менее 5 мм и показателю барабанного испытателя (выход класса) меньше 0,5 мм. Определить выход годного агломерата.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В ходе агломерации из шихты испаряется гидратная гигроскопическая влага, углекислота карбонатов, выгорает углерод коксовой мелочи и колошниковой пыли, выгорает большая часть серы шихты. Кроме того, в ходе спекания гематит шихты переходит в магнетит и частью в вюстит при этом кислород окислов железа переходит в газовую фазу. В силу указанных шихты с постелью.

Выход агломерата A определяется как отношение массы готового пирога агломерата (P_n) к сумме масс сырой шихты (P_w) и постели (Π).

$$A = \frac{P_n}{P_w} \cdot 100\% \quad (5.1)$$

Пирог готового агломерата сбросить 1 раз с высоты 2 м на стальную плиту. На аглофабрике первичное дробление пирога агломерата на куски оптимальной крупности производится одновалковой дробилкой и при падении на колосниковый грохот. Годным считается агломерат крупнее 8 мм. Агломерат менее 8 мм является возвратом – обратным продуктом.

Выход годного агломерата (A_r), % определяется как отношение массы годного аглоиерата (P_r , кг) ко всей массе готового агломерата (P_n , кг).

$$A = \frac{P_z}{P_n} \cdot 100\% \quad (5.2)$$

Непрерывно возрастающее значение агломерата как металлургического сырья требует правильной оценки его свойств и испытания качества при производстве и приемке доменными цехами. Показателями качества агломерата является:

1. Однородность и постоянство химико-минералогического состава;
2. Механическая прочность и кусковатость;
- 3.

При оценке качества (п.1 и 3) в данной работе не рассматриваются, а главная задача – определение его прочности.

Механическая прочность агломерата является одним из очень важных его металлургических свойств, так как современной доменной печи большого объема не могут работать с хорошими показателями на агломерате, которая во время транспортировки и перегрузки, а также при движении доменной печи разрушается с образованием мелочи.

По пути следования от агломашины до доменной печи агломерат может подвергаться следующим перегрузкам:

1. С конвейера на конвейер по пути следования в доменный цех;
2. С конвейера в бункера доменного цеха;
3. Из бункера в вагон-весы;
4. Из вагон-весов в скип;
5. Из скипа на малый конус;
6. С малого конуса на большой конус;
7. С большого конуса в доменную печь.

В случае расположения аглофабрики вдалеке от завода число перегрузок может возрасти. Прочность агломерата определяется методом сбрасывания или обработкой пробы во вращающихся барабанах с определенным содержанием мелочи после испытания. По методу Горного Бюро США 40 кг агломерата сбрасывают с высоты 1830 м (6 футов) на стальную плиту.

После сбрасывания вычисляется средний размер кусков агломерата. В Советском Союзе такая методика нашла себе применение в исследовательских лабораториях, причем, вместо величины среднего размера куска в СССР принято определять выход мелочи менее 5 мм после сбрасывания горного агломерата (более 12 мм). Считается, что хороший агломерат дает после четырехкратного сбрасывания не более 10 – 11% мелочи менее 5мм.

В условиях лабораторий сбрасыванию могут быть подвергнуты пробы весом от 10 до 40 кг. Количество сбрасываний ограничивается 1 – 2 раза, т.к. основная масса мелочи образуется в агломерате после первого и второго сбрасывания. Схема установки показана на рис. 5.2.

Прочность агломерата определяется по стандартной методике по ГОСТу 15/37-69, гранулометрический состав агломерата по ГОСТу 17У96-72.

Сущность метода определения механической прочности агломерата заключается в механической обработке пробы во вращающемся барабане с последующим ситовым анализом, который характеризует прочность сортированных агломератов на удар и на истирание. Одним из таких методов, получивших на наших агломерационных фабриках наиболее широкое распространение, является испытание агломерата в барабане П. Г. Рубина (рис. 5.1).

Глухой барабан диаметром 1000 мм при длине образующей 500 мм, изготовленный из листов стали, марки СГ – 3 по ГОСТу 380-60. на внутренней поверхности по длине образующей цилиндра приварены два уголка 50×50 мм, расположенных диаметрально.

Барабан имеет загрузочный люк, закрывающийся крышкой с резиновой прокладкой. Барабан вращается со скоростью 25 об/мин. Рассев агломерата производится на виброгрохоте.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Получить агломерат согласно работе №4.
2. Взвесить вес сырой шихты, для чего определить вес оставшейся шихты после установления заданной высоты.
3. Определить усадку и вес готового агломерата. Причем, усадку определить по трем точкам, по диаметру и вычислить среднюю величину готового агломерата после выгрузки чаши.
4. Готовый пирог загрузить в ящик сбрасыванием и поднять её на мерку 2м, после чего только домную часть ящика. Данную операцию повторить 2 раза.
5. Измельченный материал загрузить на виброгрохот и просеять (протрясти около 2 минут). Затем вычислить в процентах выход класса менее 5 мм.
6. Выделить из общего веса готового агломерата пробу весом (Р) в количестве 10,15 или 20 кг класса 5 – 40 мм.
7. Загрузить пробу агломерата в барабан – плотно закрыть крышку и включить двигатель вращения барабана.
8. Барабан вращается в течении 8 минут, т.е. совершает 200 оборотов, после чего он останавливается. Снимается крышка люка и содержимое барабана высыпается в ящик.
9. Рассеять пробу на сито на виброгрохоте п.5 и определить выход класса 5 мм. Лучший барабанный показатель агломерата 70 – 80%. Выход класса более и менее 5 мм взвесить с точностью 0,5%.
10. Потеря массы всех классов пробы не должна превышать 200 г. В противном случае, испытание следует повторить.
11. Механическая погрешность агломерата характеризуется двумя показателями – величина выходов класса более 5 мм характеризует сопротивление материала на удар (X) и вычисляется в процентах по формуле:

$$X = \frac{G_1}{G} \cdot 100\% \quad (5.3)$$

где G_1 – масса класса более 5 мм, кг;
 G – масса пробы агломерата, кг.

Величина выхода класса менее 0,5 мм характеризует истирание материалов (X_1) и вычисляется в процентах по формуле:

$$X = \frac{G_2}{G} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

где G_2 – масса класса менее 0,5 мм.

12. Потеря при взвешивании классов, полученной при расसेве пробы (в пределах допуска) следует отметить к массе класса менее 0,5 мм.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Полученные данные внести в табл. 5.1.
2. Рассчитать производительность аглоустановки по формуле

$$Q = \frac{P_{из} \cdot \frac{A}{100} \cdot 60}{S \cdot \tau_{сн} \cdot 1000}, \text{ Т/м}^2 \text{ час} \quad (5.5)$$

Таблица 5.1

№	Показатели качества агломерата	обозначение	Единицы измерения
1	Масса готового агломерата		
2	Выход агломерата	A	
3	Масса годного агломерата	+8 мм, Pг	
4	Выход годного агломерата	Aг	
5	Выход класса +5 мм	X	
6	Выход класса -0,5 мм	X_1	
7	Усадка агломерата		
8	Производительность	г/м ² час	

В отчет входит таблица 5.1 и заключение о качестве агломерата.

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы.
3. Какие показатели агломерата проверяются в данной работе?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что мы называем выходом агломерата и его физический смысл.
2. Что мы называем возвратом и какую роль играет он в процессе агломерации.
3. Какие показатели характеризуют качество агломерата.
4. Сущность методов определения прочности агломератов.
5. Как определить удельную производительность агломерационных установок.

РАБОТА № 6

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОДУКТА

Цель работы: изучить влияние подогрева шихты на производительность агломерационного процесса.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Производительность агломерационных машин увеличивается при повышении скорости засасываемого в слой воздуха, что может быть достигнуто улучшением газопроницаемости спекаемого слоя, увеличением перепада давления газа над и под агломерируемым слоем; а также выхода годного агломерата из спека. Существует различные приемы и способы повышения производительности агломерационных машин.

Наиболее эффективным способом повышения производительности агломерационных машин является качественное окомкование агломерационных шихт путем улучшения их гранулометрического состава, ведения связующих добавок, совершенствование работы окомкователей и т.д.

Большой эффект дает подогрев шихты перед агломерацией до 60-80⁰С. Этот способ предложенный В.В Виноградовым основан на том, что благодаря отсутствию переувлажнения сохраняется исходная структура окомкованной шихты. При спекании холодной агломерационной шихты происходит ее переувлажнение, связанное с резким ухудшением газопроницаемости слоя, снижением вертикальной скорости спекания и потерей производительности установок.

Подогрев шихты перед началом спекания до температуры, превышающей 52⁰С, позволяет полностью устранить переувлажнение. Наиболее эффективным оказывается этот способ для шихты, содержащей тонкие концентраты – производительность агломерационных машин увеличивается на 50-70% по сравнению со спеканием этих же, но холодных шихт. На некоторых фабриках подогрев шихты производится в барабанах окомкователях путем сжигания в них газа. Чаще всего подогрев ведется горячим возвратом. Это позволяет полностью использовать его теплоту и подогреть всю массу шихты до необходимого уровня. Надо иметь в виду, что перегрев шихты свыше 70⁰С нежелателен, т.к. приводит к частичной подсушке шихты, ухудшающей ее газопроницаемость.

Агломерационный процесс существенно интенсифицируется в результате повышения вакуума под агломерируемым слоем до 15-20кПа. К сожалению, увеличение вакуума сопряжено с дополнительным расходом электроэнергии, что сверх определенных пределов повышает себестоимость агломерата. С увеличением вакуума усиливается и вредные прососы воздуха через уплотнения под. В реальных условиях работы промышленных агломерационных машин вредные прососы достигают от 20% до 50%. Другими словами, приблизительно половине газов, отсасываемых эксгаустером, не проходит через шихту, а прорывается через уплотнения между налетами и вакуум-камерами.

Производительность агломерационных машин возрастает при подаче в слой воздуха обогащенного кислородом. Установлено, что увеличение вертикальной скорости отстает от увеличения содержания кислорода в воздухе. Так увеличение содержания кислорода в воздухе в 2 раза, дало увеличение вертикальной скорости спекания лишь на 17%. Учитывая высокую стоимость пока кислорода и низкую степень использования его этот метод пока не может быть рациональным.

Существенно интенсифицируется агломерационный процесс при подаче части твердого топлива в конце процесса окомкования. При этом частички топлива располагается на поверхности комочков шихты, благодаря чему ускоряется горение топлива и увеличивается вертикальная скорость горения. Еще лучшие результаты получаются при накатывании те гранулы окомкованной шихты части обожженной извести. Эффект обусловлен повышением прочности комочков в зоне переувлажнения, сушки, интенсивного нагрева и лучшими условиями образования первичного расплава в зоне формирования агломерата.

В отдельных случаях для повышения скорости фильтрации воздух, что равносильно повышению производительности агломерационных машин, прибегают к решению задачи приемам технического характера. На поверхности уложенной агломерационной шихты специально организуют вертикальные каналы различной по глубине и сечению, рыхления шихты или борозд. Рыхлители производят в момент укладки на машину. Рыхлители выполняют в виде вибрирующих прутьев или рам с прутьями, через которые проходит струя шихты, падающей те налеты с барабанного питателя.

Если после щитка, выравнивающего поверхность шихты, перед зажигательным горном специальным плугом проделать в шихте борозды глубиной до 15 см, то спекание значительно ускоряется. При такой организации поверхности шихты зона горения увеличивается. Зона горения движется не только выше, но и в бок, что дает выигрыш во времени, т.е. позволяет сжечь углерод шихты за более короткое время и тем самым увеличить производительность агломашин.

В настоящей работе рассмотрим влияние подогрева шихты на производительность агломерационной установки. Подогрев шихты можно осуществить двумя способами:

- а) Подогрев всей шихты в специальной нагревательной печи без добавления воды до температуры около 100 - 120°C.
- б) Подогрев шихты возвратом, для чего необходимая доля возврата подогревается отдельно до 300°C добавляется в период окомкования в шихту.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Готовится две порции шихты с одинаковыми составляющими.
2. Шихта полученная расчетным путем спекается обычным способом как в работе № 4.
3. Определяется температуру ртутным термометром перед спеканием, при добавке горячего возврата и спекают.
4. Сравнивают линейную скорость спекания, удельную производительность, рассчитанную по формуле, как в работе № 5.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Результат исследований записывают в таблицу.
2. Выводы.

Таблица

№	Состав шихты, %						Линейная скорость спека мм/мм	Удельная производ т/м ² час	Выход годного % +8 мм
	К-т	руда	коксик	топливо	влага	температура			
1									
2									

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы.
3. Какие методы интенсификации процесса спекания агломерата проверяются в данной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Цель интенсификации агломерационного процесса.
2. Методы и приемы интенсификации.

РАБОТА № 7

ПРОИЗВОДСТВО АГЛОМЕРАТА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Цель работы: Изучить влияние избыточного давления над слоем на ход агломерационного процесса.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Вопрос интенсификации агломерационного процесса без ухудшения качества готового продукта требует новых технических решений. Особенно этот вопрос обостряется с вовлечением в производство агломерата тонко измельченных железорудных материалов – продуктов обогащения. Некоторая интенсификация процесса агломерации путем увеличения вакуума под колосниками не всегда экономически выгодно. Решение вопроса повышения производительности агломерационных машин без ухудшения качества готовой продукции получило в технологии агломерации железных руд концентратов при повышенном давлении воздуха над спекаемым слоем. Преимущество этого способа агломерации очевидно, по внедрению его в производство пока тормозится отсутствием надежной конструкции ленточной агломерационной машины, способной работать при избыточном давлении от 1 до 2 – 3 атм под спекаемым слоем. Переход от вакуумного режима ведения процесса до ведения под избыточным давлением на современных ленточных машинах требует введения ряд конструктивных решений и переделок. Один из вариантов использования современных ленточных машин конвейерного типа показано на рис. 7.1.

В этом случае лента с зажигательным горном и питателями шихты заключена в герметичный кожух, в который с помощью воздуходувной машины нагнетается воздух. Загрузка шихты и выгрузка готового агломерата осуществляется непрерывно через системы шлюзовых клапанов и промежуточных бункеров. Обычно при вакуумном спекании перепад давлений в слое не превышает 9,8 – 11,8 кПа (1000 – 1200 мм водн.ст.). В рассматриваемом случае при давлении под слоем составляет 9,8 – 19,8 кПа, т.е. газы через пылеуловитель в дымовую трубу отходят без помощи эксгаустера. Многократное увеличение давления в слое позволяет резко увеличить объем воздуха, продуваемого через единицу поверхности спекания в единицу времени, и тем самым вертикальную скорость спекания и производительность агломерационной ленты. При спекании буги избыточным давлением над слоем 98 – 490 кПа (1 – 5 ат) производительность установки растет соответственно в 2 – 6 раз, качество агломерата при этом не ухудшается, а даже несколько улучшается. При этом достигается уменьшение выноса пыли за счет усадки шихты под действием избыточного давления. Кроме всего преимуществом данного способа заключается еще в том, что появляется возможность спекания слоев из тонко измельченных железорудных материалов несколько раз превышающие современные пределы (до 300 мм). Как показали промышленные и полупромышленные испытания, имеющие различные конструктивные особенности, можно поднимать спекаемый слой до 1,5 м, что является несомненным преимуществом перспективы агломерации под давлением. Ведение процесса на высоком слое является прямой предпосылкой значительного улучшения качества агломерата и экономии дорогостоящей коксовой мелочи. Рассмотренная схема переоборудования агломерационных лент для работы в режиме высокого давления может быть осуществлена практически для машин

любого размера. Кроме того, при столь высокой производительности аглоустановок малых площадей, работающие под избыточным давлением, не требуют увеличения количества и единичных площадей строящихся новых агломерационных машин. Достаточно одного примера. При избыточном давлении 490 кПа производительность агломерационных машин возрастает до 5 – 6 раза, что эквивалентно сокращению активных площадей спекания.

В Советском Союзе на отдельных заводах (КарМК, НЛМЗ, ЗанСиб) работают агломерационные машины типа АКМ-9-312, где активные площади спекания составляют 252 м². следовательно по новой технологии взамен на 2 агломашин с площадями спекания в сумме 504 м² достаточно лишь одной машины АКМ-75.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Схема экспериментальной установки показана на рис. 7.1. В дополнение к обычной агломерационной установке указанной в работе № 4 добавляется еще один вакуум-насос типа РМК работающий в режиме воздухоудовки.

1. Приготовленную шихту по указанию преподавателя загружают в агломерационную чашу.
2. Включают зажигательную горелку, устанавливая над чашей и поджигают газ.
3. Система аглочаша – горелка плотно герметизируется системой фиксаторов.
4. По истечении 45-50 сек отключают газ, что является и считается началом процесса.
5. Засекают время начала эксперимента.
6. Фиксируют время спекания, избыточное давление над слоем, температуру отходящего газа.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Данные эксперимента заносят в таблицу.

Таблица 7.1

№	Давление над слоем ат	Высота спекаемого слоя, мм	Время спекания мин	Линейная скорость спекания мм/мин	Удельная производительность установки т/м ² час	Выход годного агломерата, % (+8 мм)
1						
2						
2						

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы.
3. Какая закономерность проверяется в данной работе?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить изменение линейной скорости, удельной производительности и выхода годного агломерата.

РАБОТА № 8

ПОЛУЧЕНИЕ СЫРЫХ ОКАТЫШЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: Изучить режим окомкования железорудных материалов и свойства сырых окатышей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сокращение запасов богатых железных руд во многих промышленно-развитых странах мира обусловило необходимость развития добычи бедных железистых кварцитов. При обогащении этих руд необходимо подвергать их тонкому измельчению с целью раскрытия частиц рудных минералов. В результате после мокрой магнитной сепарации или флотации тонко измельченных кварцитов получают богатые железорудные концентраты (62 – 68% Fe), содержание тонких фракций (-200 меш или -0,074 мм) в которых составляет 70 – 98%.

Производство агломерата из тонких концентратов связано с уменьшением производительности агломашины в 1,5 – 2 раза, а также с увеличением расхода топлива на спекание и ухудшением качества агломерата. В связи с этим все большее развитие получает новый способ окускования железорудных концентратов – производство окатышей в барабанных, тарельчатых или конусных грануляторах. Образование окатыша происходит в результате накатывания мелких частиц на влажную поверхность комочков, скатывающихся по поверхности гранулятора.

Чашевой гранулятор представляет собой чугунную или стальную чашу диаметром до 5 м, укрепленную на оси, которая наклонена к горизонту. Угол наклона чаши регулируется, кроме того, устройство привода позволяет вращать чашу с различным числом оборотов, что в целом дает возможность подбирать оптимальный режим скатывания для различных материалов.

Железные руды и концентраты обладают различной комкуемостью, под которой понимают способность образовывать на грануляторе прочные окатыши. Так как возникновение комков определяется прочностью сцепления увлажненных частиц, то комкуемость количественно может оцениваться через прочность сцепления частичек влажного материала. В связи с этим основное внимание при рассмотрении процессов окомкования железорудных материалов обращается на изучение закономерностей взаимодействия между отдельными частичками

увлажненного материала, из которых складываются суммарные механические свойства окатышей.

В объеме увлажненного сыпучего материала действуют:

- 1) силы коллоидного сцепления;
- 2) силы механического сцепления;
- 3) силы молекулярного взаимодействия;
- 4) силы капиллярного сцепления.

В обычных железных рудах и концентратах коллоидных частиц содержится сравнительно мало, самопроизвольное диспергирование частиц железорудных материалов при соприкосновении с водой развито незначительно, поэтому силы коллоидного сцепления не могут выступить в качестве основного фактора формирования окатыша.

Силы механического сцепления являются по существу силами трения, они зависят от величины внешнего давления и увеличивается по мере роста последнего, т.е. механическое сцепление в слое сыпучего материала не имеет самостоятельного значения и возникает вследствие проявления других сил.

При окатывании железорудных материалов основными являются силы молекулярного и капиллярного сцепления. На величину сил сцепления частичек влияет их влажность. Для каждого конкретного комплекса свойств твердой фазы (гранулометрического состава шихты, физико-химического состояния частиц) существует оптимальная степень увлажнения. С увеличением влажности сверх этой величины вода полностью заполняет поры между частицами материала, при этом происходит уменьшение, а затем полное исчезновение стягивающих капиллярных менисков и соответствующее падение сил капиллярного сцепления.

В процессе окомкования возникают динамические нагрузки, под действием некоторых избыток воды выжимается из образующегося комочками и частички сближаются на расстояния, соизмеримые с толщиной адсорбированных пленок воды. Поскольку при такой влажности система становится в основном двухфазной (почти все поры в материале заполнены водой), капиллярные силы исчезают, и прочность сцепления обуславливается только молекулярными силами. Сцепление между отдельными частичками осуществляется своеобразным «клеевым мостом», возникающим между поверхностями частичек благодаря адсорбированным водным пленкам.

На величину сил сцепления оказывает природа твердых частиц, влияние которых проявляется через изменение величины смачиваемости твердой поверхности, т.е. изменение способности адсорбировать молекулы воды на поверхности частицы.

Важным фактором, от которого в значительной степени зависит прочность сцепления железорудных материалов, является их гранулометрический состав. Влияние гранулометрического состава на прочность влажных окатышей проявляется через изменение среднего расстояния между частичками: чем ближе друг к другу находятся их поверхности, тем более упорядоченно ориентированы молекулы воды адсорбированных пленок выше силы сцепления. Таким образом, чем больше содержание тонких фракций (размером в сотне и тысячные доли миллиметра) в окатываемом материале, тем прочнее образуются сырые окатыши.

При сушке окатышей вода первоначально удаляется из наиболее крупных пор, в которых остаются отдельные не сообщающиеся друг с другом водные манжеты. В таком состоянии капиллярные (стягивающие) силы увеличиваются и получают максимальное развитие. В момент потери слабосвязанной воды при сушке наблюдается некоторое сближение частиц материала, сопровождающееся увеличением сил взаимной связи. Прочность на раздавливание сухих окатышей диаметром 9,5 мм повышается до 3 – 3,6 кГ/окатыш против 0,9 кГ/окатыш для сырых окатышей.

С целью повышения прочности сырых окатышей в используемую шихту вводят различные добавки, среди которых наибольшее распространение получил бентонит, применяемый обычно в количестве от 0,5 до 1,0 % от веса шихты. Выбор бентонита обусловлен его способностью образовывать гели с чрезвычайно развитой поверхностью, которая примерно в семь раз больше поверхности частиц любого сорта глин. При наличии бентонита в шихте сырые окатыши получают пористыми и влага при сушке их удаляется беспрепятственно.

Однако бентонит является сравнительно дорогим материалом, поскольку месторождения его часто удалены от мест потребления. Добавка бентонита повышает содержание пустой породы в окатышах и иногда ухудшает кремневый модуль ($\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$) концентрата. В связи с этим в настоящее время проводятся работы по замене бентонита менее дорогими недефицитными материалами, а также материалами, не ухудшающими металлургические свойства окатышей. К ним относятся: смесь соды с бентонитом, соды, подсушенный торф (влажностью 8 – 10%), обработанный водным раствором едкого натра, гашенная известь, CaCl_2 , NaCl и FeSO_4 . хлористый натрий не получил применения вследствие отрицательного влияния его на восстановимость окатышей.

Важным свойством сырых окатышей является их термостойкость, её значение заключается в том, что она определяет длительность сушки окатышей и может существенно осложнить проведение упрочняющего обжига, при нагревании окатышей происходит быстрое испарение влаги, и выделяющиеся пары воды стремятся разрушить окатыш изнутри. Термостойкость окатышей связана с их прочностью на разрыв, определяемой силами сцепления твердых частиц. Помимо этого термостойкость зависит от влажности окатышей, т.к. чем выше влажность, тем больше образуется паров за одно и то же время по сравнению с менее влажными окатышами. Термостойкие окатыши позволяют ускорить процесс их сушки и нагрева и тем самым форсировать работу обжигового агрегата.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей лабораторной работе студенты знакомятся с процессом образования окатышей на чашевом грануляторе, определяют прочность окатышей и их термостойкость, а также изучают влияние режима работы гранулятора на формирование окатышей.

СХЕМА И ХОД РАБОТЫ

Максимальная высота сбрасывания сырых окатышей	Предел прочности сырых окатышей на скатывание Н = 50 см		
	Число скатываний	Число трещин	Число разрушений

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ОКАТЫШЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА ОКОМКОВАНИЮ

По указанию преподавателя студенты получают на грануляторе окатыши при различных режимах его работы (угол наклона чаши, скорость вращения чаши) с использованием различных шихтовых материалов (концентраты разной крупности, разное количество добавок и т.д.).

Исходные материалы подвергаются рассеву на фракции и испытываются на влагоемкость.

Полученные окатыши подвергаются испытаниям на прочность, и термостойкость, кроме того, определяется гранулометрический состав окатышей, произведенных в различных условиях.

Результаты оформляются в виде таблиц с указанием режима работы грануляторы.

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Цель работы
2. Порядок проведения работы
3. Какие закономерности проверяются в работе

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Механизм окомкования шихты
2. Факторы оказывающие влияние на свойства сырых окатышей

РАБОТА № 9

УПРОЧНЯЮЩИЙ ОБЖИГ ОКАТЫШЕЙ

Цель работы: Изучить влияние обжига на свойства окатышей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ОКИСЛЕННЫЕ ОКАТЫШИ

Важнейшим способом упрочнения окатышей является их высокотемпературный обжиг.

Повышение прочности окатышей из гематитового концентрата происходит в результате рекристаллизации гематита, которая начинается при температурах порядка 900 - 1000°C и имеет наибольшее развитие при 1200 - 1300°C и выше.

В данном случае сущность процесса рекристаллизации заключается в росте новых гематита за счет соседних контактирующих частиц концентрата, в результате чего образуются так называемые, «гематитовые мосты», которые скрепляют обжигаемый окатыш. Прочность готового окатыша на раздавливание в зависимости от длительности обжига составляет 150 – 200 кг и более.

При обжиге в окислительной атмосфере окатышей из магнетитового концентрата прочность их постепенно возрастает с температуры 900 - 1000°C первоначально вследствие окисления магнетита и затем в результате рекристаллизации зерен образовавшегося гематита.

При повышенном содержании пустой породы образуются шлаковая связка, которая разделяет отдельные зерна рудного минерала, обычно уменьшая прочность окатышей. Окатыши, упрочненные только благодаря шлаковым связям, выдерживают нагрузку не более 40 – 50 кг.

Добавка флюса (известняка) в шихту для производства окатышей с целью повышения их металлургических ценностей усложняет проведение упрочняющего обжига. Взаимодействие окиси кальция с минералами пустой породы (прежде всего с кварцем) приводит, как известно, к образованию легкоплавких соединений. Появление жидкой фазы при обжиге окатышей недопустимо, поскольку оно вызывает сплавление окатышей в больших объемах, невозможность их дальнейшего использования, снижение производительности и порчу обжиговых агрегатов.

При получении офлюсованных окатышей из концентратов глубокого обогащения, содержащих незначительное количество пустой породы, лимитирующим условием упрочняющего обжига является верхний температурный интервал в зоне обжига, который не должен превышать 1000°C, т.к. в этом случае наблюдается появление жидкой фазы в результате плавления ферритов кальция. Таким образом, добавка флюса в шихту для производства окатышей сужает температурный интервал обжига окатышей. Кроме того, в этом случае сокращается удаление серы из окатышей при их обжиге, что при использовании сернистых концентратов крайне нежелательно.

Преодоление трудностей, связанных с производством флюсованных окатышей, оказалось возможным путем приготовления и обжига двухслойных окатышей, внутренняя часть которых – ядро состоит из концентрата и известняка, а наружная часть – оболочка – накатана из одного концентрата. При обжиге ядро расплавляется и усваивается оболочкой, а сера может беспрепятственно удалиться вследствие того, что весь известняк находится в ядре. Полученные таким образом окатыши по механическим свойствам и восстановимости не уступают обычным.

В промышленных условиях упрочняющий обжиг окатышей осуществляется в шахтных печах, на обжиговых конвейерных машинах и комбинированных установках, включающих в себя движущуюся колосниковую решетку, вращающуюся или шахтную печь и другие агрегаты в различных комбинациях. Во всех случаях сырые окатыши последовательно подвергают сушке, подогреву и

высокотемпературному упрочняющему обжигу, после которого окатыши постепенно охлаждают, пропуская через слой окатышей холодный воздух и используя затем отобранное тепло в зонах сушки и подогрева.

В лабораторных условиях студенты проводят обжиг окатышей в печи Таммана, в нагревательной трубке которой устанавливают термостойкий цилиндр, в котором создается требуемая атмосфера путем подачи снизу различных газовых смесей.

Испытуемые окатыши помещают в магнезитовый стакан с дырчатым дном (или корзиночку из нихромовой проволоки) и последовательно подвергают сушке в специальном шкафу при 105 - 120°C в течение 1 – 2 час, затем – нагреву в муфеле при 800°C в течение 10 – 15 мин, и в заключение – обжигу в печи Таммана. Режим обжига (температура, время, состав и расход газа) указывается преподавателем. По окончании обжига окатыши охлаждаются на воздухе.

МЕТАЛЛИЗОВАННЫЕ ОКАТЫШИ

Расчеты и опытные доменные плаки показали, что одним из наиболее эффективных путей экономии кокса и повышения производительности доменных печей является использование металлизированных рудных материалов, в первую очередь, металлизированных окатышей.

Металлизация (или частичное восстановление) окатышей может быть осуществлена двояко:

- в процессе упрочняющего обжига за счет твердого углерода, вводимого в виде тонкоизмельченного угля, полукокса и т.п. в шихту для производства окатышей.
- восстановление уже обожженных окатышей газообразным или твердым восстановителем.

Металлизированные окатыши содержат наряду с пустой породой металлическое железо и вносят со следами магнетита и гематита. Расчеты показывают, что оптимальной является степень металлизации ($\frac{Fe_{мет}}{Fe_{общ}} \cdot 100\%$) равна 50%.

Одним из способов получения металлизированных окатышей является получение двухслойных окатышей: внутреннее ядро изготавливается из смеси концентрата и твердого топлива, а наружная оболочка – из концентрата; после обжига подобные окатыши наряду с частично металлизированной сердцевиной имеют на поверхности невосстановленные окислы железа. Последнее способствует лучшему использованию газа в доменной печи по сравнению с работой на однослойных металлизированных окатышах.

Получение металлизированных окатышей в лабораторных условиях студенты проводят на печи Таммана. Порядок работы в этом случае несколько иной: высушенные окатыши подвергаются нагреву путем медленного спуска их в реакционной трубке печи в токе нейтрального или слабоокислительного газа; во избежание вторичного окисления охлаждение окатышей после обжига производят путем их закаливания, спуская на короткое время в воду.

Режим обжига окатышей задается студентам преподавателем.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА НА СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ

Испытуемые окатыши, предварительно высушенные и подогретые, помещают в печь Таммана, имеющую заданную температуру и через которую подается газ заданного состава. Обжиг окатыша продолжается 20 мин.

Последовательно проводят обжиг 3-4-х порций окатышей при температурах 900, 1100, 1200 и 1350°C.

Охлажденные окатыши подвергают испытанию на раздавливание с помощью обычного рычажного пресса.

После измельчения окатыши анализируются на содержание $Fe_{\text{общ}}$, FeO .

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБЖИГА НА СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ

В отличие от предыдущего задания студенты проводят обжиг нескольких порций одинаковых окатышей при одной и той же температуре, меняя при этом длительность обжига.

Результаты оформляются в виде табл. 9.1 и графических зависимостей прочности и окисленности окатышей от продолжительности обжига. Для металлизированных окатышей строится аналогичная зависимости для степени металлизации.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Результаты оформляются в виде табл. 9.1 и графических зависимостей прочности (кГ/окатыш) и окисленности окатышей (% FeO) от температуры обжига.

Для металлизированных окатышей дополнительно определяется содержание $Fe_{\text{мет}}$ и производится графической зависимости степени металлизации ($\frac{Fe_{\text{мет}}}{Fe_{\text{общ}}} \cdot 100\%$) от температуры обжига.

Таблица 9.1

Температура обжига, °C	Время обжига, мин	Состав газа, %	Прочность окатыша, кГ/окат	Химсостав окатышей			$Fe_{\text{мет}}$
				$Fe_{\text{общ}}$	FeO	$Fe_{\text{мет}}$	$Fe_{\text{общ}}$

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход заполнения работы.
3. Какая закономерность проверяется в данной работе?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Механизм упрочнения окатышей.
2. Свойства окатышей.
3. Эффективность использования окатышей.

РАБОТА № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ АГЛОМЕРАТА И ОКАТЫШЕЙ

Цель работы: На лабораторных установках определить общую пористость окатышей и агломератов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пористость металлургического сырья относится к числу его важнейших свойств. Диаметр и форма пор определяют скорость диффузии газообразных реагентов и продуктов реакции. Поверхность пор значительно превышает наружную поверхность куска сырья. Доказано экспериментально, что восстановимость агломерата прямо пропорционально суммарной поверхности пор доступных газу-восстановителю (150 – 200 для случая восстановления окисью углерода при 850°C). Для железных руд многих месторождений находят прямую связь между восстановимостью и общей пористостью куска, т.к. размеры и форма пор для руды определенного месторождения меняются в довольно узких пределах. Поверхность пор в значительной мере влияет и на скорость сушки, дегиратации, декарбонизации руды, а также на скорость ее растворения в кислотах. Что касается кокса, то величина его пористости предопределяют скорость горения куска коксами перед фурмами доменной печи, величину окислительной зоны фурмы, а также оказывает существенное влияние на реакционную способность кокса (скорость взаимодействия с CO_2 при 900°C). Пористость оказывает влияние и на механические свойства кусковых сырья.

Пористости магнетитовых руд меняется в пределах от 0,1 до 10%; гематитовых и мартированных руд – от 2 до 30% бурых железняков – до 40-50%. Пористость агломератов и окатышей колеблются в пределах от 20-50%. Пористость кокса составляет 35-55%.

В лабораториях определяется общая пористость образцов сырья и распределение объема пор по классам крупности пор. Объем пор различной крупности экспериментально определяется путем последовательного нагнетения в

образцы при постоянном давлении ртути, воды и водорода. Водород входит практически и во вне поры образцов. Вода и ртуть только в значительно крупные. Зная характеристики смачиваемости вещества образца ртутью и водой легко вычислить минимальный радиус (r) , в который они могут проникать:

$$r = \frac{2\delta \cos \theta}{p},$$

p – давление ртути (воды);

δ – поверхность натяжения ртути (воды);

θ – угол смачивания вещества образца ртутью (водой).

Другой путь (ртутная парометрия) состоит в последовательном увеличении давления ртути от 1 до 10000 атм, что позволяет определить всю программу пор по крупности.

Задание 1. Определение общей пористости образцов железной руды, агломерата, окатышей и кокса.

Общей пористостью образца называется отношение:

$$Q = \frac{\rho_{ист} - \rho_{каж}}{\rho_{ист}} \cdot 100\% \quad (10.1)$$

где $\rho_{ист}$ – масса 1 см³ совершенно плотного вещества руды без пор – истинная плотность, г-см³;

$\rho_{каж}$ – масса 1 см³ руды с порами – кажущая плотность, г/см³.

Истинная плотность вещества определяется кикнометрическим способом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ

1. На аналитических весах с точностью до десятичной грамма определить массу мерной колбы (рис. 10.1) – пикнометра ($M_{пикн.г}$). Узкое горло колбы снабжено отметкой «0,54 л» или «0,25 л», «0,75 л» и позволяет с большей точностью отмерить заданный объем ($V_{пикн.}^0 \text{ см}^3$) = 10 мл.
2. Измельчить в ступе и на виброистирателе до крупности -75мк пробу массой в 2 г ($M_{руд}$).
3. Измельченную пробу высыпать в пикнометр и долить в колбу спирт до отметки « $V_{пикн.}^0$ », плотность спирта (ρ , г/см³) найти в справочнике: учитывая температуру в помещении лаборатории.
4. Взвесить пикнометр со спиртом и навеской руды. Вычислить массу спирта в пикнометре ($M_{спирт}$, г)

$$M_{пикн} + \text{спирт} - M_{пикн} - M_{руд} = M_{спирт}$$

5. Вычислить объем спирта в пикнометре ($V_{\text{спирт}}$, см^3)

$$V_{\text{спирт}} = \frac{M_{\text{спирт}}}{\rho_{\text{спирта}}}$$

6. Вычислить суммарный объем сплошного вещества частиц руды ($V_{\text{руд}}$, см^3)

$$V_{\text{руд}} = V_{\text{пикн}}^0 - V_{\text{спирт}}$$

7. Вычислить истинную плотность руды ($\rho_{\text{ист}}$, $\text{г}/\text{см}^3$),

$$\rho_{\text{ист}} = \frac{M_{\text{руд}}}{V_{\text{руд}}}$$

Результаты опыта занести в таблицу 10.1.

Для истинной плотности

Таблица 10.1

Измеряемая или вычисляемая величина	Размерность	Формула	Результат
Масса пикнометра	г	$M_{\text{пикн}}$	
Масса навески руды	г	$M_{\text{руд}}$	
Масса пикнометра со	г	$M_{\text{пикн}} + \text{спирт} + \text{руда}$	
Масса спирта и пикнометра	г	$M_{\text{спирт}} = M_{\text{пикн}} + M_{\text{спирт} + \text{руд}} - M_{\text{руд}} + M_{\text{пикн}}$	
Объем спирта в пикнометре	см^3	$V_{\text{спирт}} = M_{\text{спирт}}/\rho_{\text{сп}}$	
Объем плотного вещества руды	см^3	$V_{\text{руд}} = V_{\text{пикн}} - V_{\text{спирт}}$	
Истинная плотность руды	см^3	$\rho_{\text{ист}} = M_{\text{руд}}/V_{\text{руд}}$	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЖУЩЕЙСЯ ПЛОТНОСТИ

Кажущаяся плотность ($\rho_{\text{каж}}$) руды определяется взвешиванием образца руды с парафиновой рубашкой последовательно в воздухе и воде.

8. Выточить из куска руды на шлифовальном круге шарообразный образец диаметром 15 – 25 мм. Взвесить образец на аналитических весах ($M_{\text{руд}}$, г).

9. Обвязав образец двойной нитяной петлей, и держа свободный конец нити, опустить образец в расплавленный парафин, а затем быстро вынуть его на воздух. Образец руды покроется водонепроницаемой парафиновой рубашкой. Взвесить образец в парафиновой рубашке на аналитических весах ($M_{\text{руд}} + \text{параф}$, г).

10. Вычислить объем парафина ($V_{\text{параф}}$, см^3),

$$M_{\text{параф}} = M_{\text{параф} + \text{руд}} - M_{\text{руд}}$$

$$V_{\text{параф}} = \frac{M_{\text{параф}}}{\rho_{\text{параф}}} = 0,8442 / \text{см}^3$$

где $\rho_{\text{параф}}$ – плотность парафина, взятая из справочника.

11.Собрать установку (рис. 10.2), состоящую из аналитических весов, одна из чашек которых заменена исследуемым образцом в парафиновой рубашке. Образец прикреплен нитью к коромыслу весов и погружен в воду. Образец теряет в весе столько, сколько весит вода в его объеме. Необходимо, собрав установку, взвесить образец с парафиновой рубашкой в воде (взвешивание на воздухе уже было выполнено, см. пункт 8).

12.Вычислить объем образца с парафиновой рубашкой:

$$V_{\text{руд + параф}} = (M_{\text{руд + параф}})_{\text{воздух}} - (M_{\text{руд - параф}})_{\text{вода}}$$

где $(M_{\text{руд + параф}})_{\text{воздух}}$ – вес образца с парафиновой рубашкой при взвешивании на воздухе, $\text{кг} \cdot 10^{-3}$
 $(M_{\text{руд - параф}})_{\text{вода}}$ – то же, при взвешивании в воде, $\text{кг} \cdot 10^{-3}$

13.Вычислить объем руды без парафиновой рубашки:

$$V_{\text{руд}} = V_{\text{руд + параф}} - V_{\text{параф}}$$

14.Вычислить кажущуюся плотность образца ($\rho_{\text{каж}}$, $\text{г}/\text{см}^3$)

$$\rho_{\text{каж}} = \frac{M_{\text{руд}}}{V_{\text{руд}}}$$

Результаты опыта занести в таблицу 10.2.

Таблица 10.2

Измеряемая или вычисляемая величина	Размерность	Формула	Результат
Масса образца руды	г	$M_{\text{руд}}$	
Масса образца парафиновой рубашке	г	$M_{\text{руд + параф}}$	
Масса парафиновой рубашки	г	$M_{\text{параф}} = M_{\text{параф + руд}} - M_{\text{руд}}$	
Масса в воде	г		
Объем парафиновой рубашки	см^3	$V_{\text{параф}} = M_{\text{параф}}/\rho_{\text{параф}}$	
Масса образца парафиновой рубашке в воде	г	$M_{(\text{руда + параф})\text{вода}}$	
Объем образца парафиновой рубашке	см^3	$V_{\text{руд + параф}} = M_{(\text{руда + параф})\text{вода}} - M_{(\text{руда + параф})\text{воздух}}$	
Объем образца руды	см^3	$V_{\text{руд}} = V_{\text{руд + параф}} - V_{\text{параф}}$	
Кажущая плотность руды	$\text{г}/\text{см}^3$	$\rho_{\text{каж}} = M_{\text{руд}}/V_{\text{руд}}$	
Общая пористость	%	$Q = \frac{\rho_{\text{ист}} - \rho_{\text{каж}}}{\rho_{\text{ист}}} \cdot 100\%$	

ВОПРОСЫ ДОПУСКА

1. Какова цель работы?
2. Ход выполнения работы.
3. Какая закономерность проверяется в данной работе?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую роль играет влага в процессе агломерации?
2. Физический смысл оптимальной влажности и её роль в процессе агломерации.
3. От каких параметров зависит прочность сцепления частиц?
4. От каких параметров зависит комкуемость железорудных материалов?
5. Чем объясняется наличие максимума и минимума объемного веса с изменением влажности материалов?